



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

**POLOHOVÉ A VÝŠKOVÉ URČENÍ MĚŘICKÝCH SÍTÍ
VYUŽÍVANÝCH PRO VÝUKY V TERÉNU**

HORIZONTAL AND VERTICAL POSITIONING OF FIELD TRAINING SURVEY NETS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tereza Suchánková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. RADOVAN MACHOTKA, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Tereza Suchánková
Název	Polohové a výškové určení měřických sítí využívaných pro výuky v terénu
Vedoucí práce	doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Abelovič, J. a kol.: Meranie v geodetických sieťach, Alfa Bratislava, 1990

Vitásek, J., Nevosád, Z.: Geodézie I. Akad. nakladatelství CERM, 1999.

Nevosád, Z., Soukup, F., Vitásek, J.: Geodézie II. VUTIUM Brno, 1999.

Weigel, Josef: Teorie chyb a vyrovnávací počet I. VUT, 2009.

Vyhláška č. 31/1995 Sb. v platném znění

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Proveďte rekognoskaci výukových lokalit, určete polohu a výšku bodů výukových měřických sítí vhodnou kombinací terestrických a GNSS metod, vyhotovte přehlednou dokumentaci měřických sítí. Metody měření konzultujte s vyučujícím. Body určete v souřadnicovém systému JTSK a výškovém systému Bpv.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce bylo polohové a výškové určení bodů výukových měřických sítí ve zvolených lokalitách v katastrálním území Veverčí. V práci je popsán postup měřických a kancelářských prací. Je zde popsána stabilizace bodů měřické sítě, připojení do referenčního systému S-JTSK a do výškového systému Bpv, dále vyhotovení seznamu souřadnic a výšek a grafická dokumentace měřických sítí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bodové pole, měřická síť, GNSS, polární metoda, technická nivelace, přehledná dokumentace měřických sítí, S-JTSK, Bpv

ABSTRACT

The subject of this bachelor thesis was a positional and height determination of the points of educational measuring networks in selected localities in the cadastral area of Veverčí. The work describes the process of measuring and office work. It describes a stabilization of the points of the measuring network, the connection to the S-JTSK reference system and the Bpv height system, the list of coordinates and heights and the graphic documentation of the measuring networks.

KEYWORDS

Point field, measurement network, GNSS, polar method, technical leveling, clear documentation of measuring networks, S-JTSK, Bpv

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Tereza Suchánková *Polohové a výškové určení měřických sítí využívaných pro výuky v terénu*. Brno, 2018. 57 s., 17 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2018

Tereza Suchánková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Radovanovi Machotkovi, Ph.D., za cenné rady a ochotu při konzultacích ohledně bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Radkovi Dohnalovi, za půjčení přístrojového vybavení využitého při měření, Bc. Martinovi Smolinkovi, za ochotu a pomoc při měřických pracích. Nakonec bych chtěla poděkovat celé své rodině, kamarádům a známým, za velkou podporu při studiu na vysoké škole.

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Lokalizace	11
3 Geodetické měřické sítě.....	14
4 Geodetické základy	17
4.1 Rozdělení bodových polí.....	17
4.2 Polohové geodetické sítě.....	18
4.3 Výškové geodetické sítě.....	21
5 Přípravné práce	22
5.1 Rekognoskace lokalit	22
5.2 Rekognoskace výškového bodového pole	25
6 Měřická síť.....	26
6.1 Návrh měřické sítě	26
6.2 Stabilizace bodů měřických sítí	26
7 Výběr přístrojů a pomůcek	28
7.1 GNSS přijímač	28
7.1.1 Trimble R4-3	28
7.1.2 Trimble R8-2	29
7.2 Totální stanice Trimble S5	30
7.3 Nivelační přístroj Trimble DiNi.....	31
8 Použité metody měření	32
8.1 Metoda GNSS	32
8.1.2 Služba CZEPOS	34
8.1.3 Služba Trimble VRS Now Czech.....	35
8.2 Polární metoda	36
8.3 Technická nivelace.....	37
9 Místopisné náčrty.....	40

10	Zpracování měření	41
10.1	Výstupní formáty	41
10.2	Výpočetní práce	42
10.2.1	Výpočet souřadnic GNSS metodou.....	42
10.2.2	Výpočet souřadnic polární metodou s následným vyrováním souřadnic ...	43
10.2.3	Výpočet nadmořských výšek.....	46
10.3	Grafické zpracování měření	49
11	Posouzení dosažených výsledku	50
12	Závěr	51
13	Seznam použitých zdrojů.....	52
14	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	55
15	Seznam tabulek	56
16	Seznam obrázků	56
17	Seznam příloh	57

1 Úvod

Předmětem této bakalářské práce je polohové a výškové určení měřických sítí v budoucnu využívaných pro výuky v terénu stavebních oborů na Fakultě stavební VUT v Brně. Měřické sítě budou využívány především při výuce polygonových pořadů, podrobného měření polohopisu polární metodou a při technické nivelaci.

Lokality vybrané pro budování měřických sítí se nachází v katastrální území Veveří v Brně, jde o čtyři lokality zvolené vedoucím bakalářské práce. Jedná se o přilehlé okolí jižní budovy Gymnázia Matyáše Lercha, jihovýchodní část areálu Hvězdárny a planetária Brno, jihozápadní část parku na Kraví hoře a Obilní trh. Před měřením proběhla rekognoskace terénu a stabilizace bodů měřických sítí. Celkový počet stabilizovaných bodů měřických sítí je 30, stabilizace bodů byla provedena měřickými hřeby. Polohové měření bylo provedeno aparaturou GNSS metodou RTK a polární metodou. Výškové měření bylo provedeno metodou geometrické nivelace ze středu.

Požadovaná přesnost na měření byla zadána vedoucím bakalářské práce, na základě této přesnosti byly vybrány přístroje a metody měření vhodné ke splnění této zadané přesnosti:

- střední souřadnicová chyba $m_{xy} \leq 0,01\text{m}$
- střední chyba ve výšce $m_h \leq 0,005\text{m}$

Výpočty byly provedeny v programu Groma v.11, Microsoft Excel 2016. Výsledné souřadnice bodů měřických sítí byly určeny v S-JTSK a Bpv. Grafické práce byly vyhotoveny v programu MicroStation PowerDraft V8i.

Obsah práce je sestavený chronologicky tak, jakým způsobem se při vyhotovení postupovalo.

2 Lokalizace

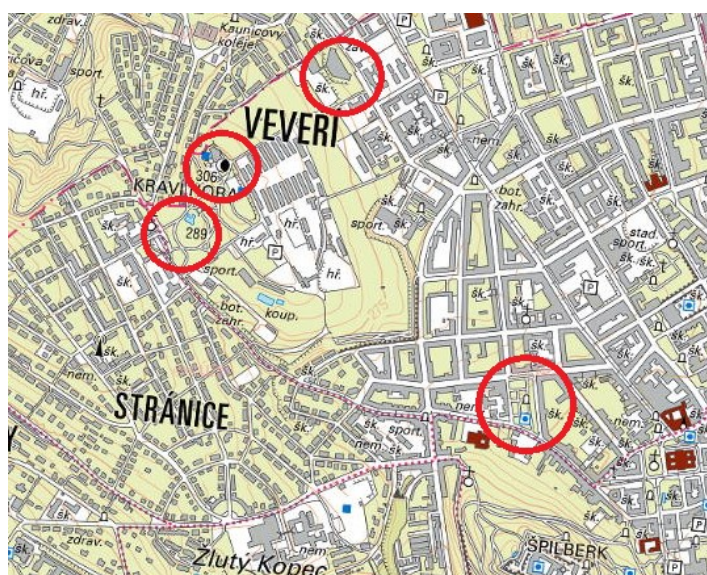
k.ú. Veverí

Městská čtvrť ležící severně od centra města Brna o rozloze 1,98 km². Je to čtvrť s výrazně městským a dopravně vytíženým charakterem. Čtvrť tvoří především vysoké historické a honosné secesní domy, především na Konečného náměstí.

Významné stavby na tomto území jsou budovy Vysokého učení technického v Brně na ulici Veverí a Žižkova, Komplex kancelářských budov na ulici Šumavská, budova právnické fakulty Masarykovy univerzity, Univerzita obrany, Moravská zemská knihovna, porodnice Fakultní nemocnice Brno na Obilním trhu, Hvězdárna a planetárium Brno na Kraví hoře, atd. [1]



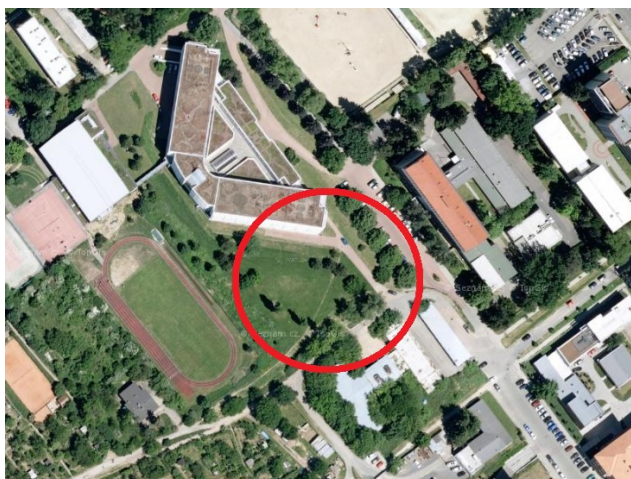
Obrázek 1 Poloha katastrálního území Veverí [2]



Obrázek 2 Rozmístění lokalit v katastrálním území Veverí [2]

Gymnázium Matyáše Lercha

Gymnázium se nachází na ulici Žižkova, nad jízdárnou na ulici Veverí, severozápadně od budovy Z Fakulty stavební VUT v Brně. Cvičná lokalita se nachází na přístupové cestě k jižní budově gymnázia. Délka vymezeného cvičného území je 80 m. Povrch cesty tvoří zámková dlažba, přilehlé okolí je rovinnaté až mírně svažité.



Obrázek 3 Území určené pro výuku v terénu u budovy GML [3]

Hvězdárna a planetárium Brno

Lokalita u Hvězdárny a planetária v Brně se nachází na vrcholu Kraví hory. Cvičná lokalita se nachází podél asfaltové cesty vedoucí přes horizont na vrcholu kopce. Terén je zde svažitý na jižní i severní stranu. Délka vymezeného cvičného území je 80 m.



Obrázek 4 Území určené pro výuku v terénu na Kraví hoře [3]

Kraví hora - Park

Městský park se nachází mezi Náměstím Míru a pod budovou Hvězdárny a planetária na Kraví hoře. Kraví hora patří do pohoří Bobravská vrchovina. Park je určen k rekreaci a ke sportovnímu vyžití obyvatel, je volně přístupný po celý rok. Cvičná lokalita se nachází podél asfaltové cesty v jihozápadní části parku. Délka vymezeného cvičného území je 94 m.

Obilní trh

Náměstí s parkem ležící mezi ulicemi Gorkého a Údolní. Plocha parku je členěna pravoúhlou sítí chodníků. Je zde k vidění socha dívky se džbánem, mrazuvzdorná fontána, dětské hřiště. V blízkosti parku se nachází budova porodnice Fakultní nemocnice a Pivnice u Čápa. Vymezená plocha cvičného území činí 1,24 ha.



Obrázek 5 Území určené pro výuky v terénu na Obilním trhu [3]

3 Geodetické měřické sítě

Geodetická síť je soubor pevně nebo dočasně stabilizovaných bodů, souvisle pokrývající vymezené území formou jednoduchých geometrických obrazců. Za geodetickou síť lze považovat vzájemně propojené polygonové pořady.

Rozdělení geodetických sítí dle observovaných dat:

- *terestrické*

Jsou tvořeny měřenými veličinami ve fyzickém tíhovém poli Země. Jde o veličiny definované od základních směrů a rovin, které realizujeme pomocí horizontace geodetických přístrojů.

- *družicové*

Jsou tvořeny vektory udávající vzájemný vztah dvou bodů, na kterých byla umístěna družicová aparatura. Veličiny jsou odvozeny ze signálů družic rozmístěných na oběžných drahách Země. Tudíž nejsou přímo ovlivňovány tíhovým polem Země.

- *kombinované*

Zpracování terestrických i družicových dat společně.

Rozdělení geodetických sítí dle dimenze měřených veličin:

1D – vertikální síť

2D – horizontální síť

3D – prostorové síť

4D – prostorové síť

V 1D sítích obvykle zpracováváme nivelovaná převýšení, tíhová zrychlení. Výsledkem jsou vyrovnané nadmořské výšky bodů, uváděné ve výškovém systému Bpv. Síť může být tvořena elipsoidickými výškami, vztaženými k referenčnímu elipsoidu WGS-84.

[4]

U 2D sítí zpracováváme horizontální složku sítě, která je dána měřeními horizontálními směry, vodorovnými délkami. Můžeme ji zpracovat na ploše referenčního elipsoidu nebo v zobrazovací rovině kartografického zobrazení. Je třeba uvést názvy použitého referenčního elipsoidu nebo kartografického zobrazení.

U 3D sítí zpracováváme prostorové záměry dané horizontálními směry, vertikálními úhly a šikmými délkami. Výsledkem jsou vyrovnané 3D souřadnice bodů. Sít' může být tvořena také družicovými vektory.

4D sítě jsou charakterizovány body o čtyřech souřadnicích (horizontální složka, nadmořská výška, elipsoidická výška). Mohou zde vznikat rozpory mezi nadmořskými výškami a elipsoidickými výškami, tento rozpor lze řešit modely geoidů. Není doporučeno používat.

Rozdělení dle výpočetní plochy

- *referenční plocha*: - referenční elipsoid

- referenční koule

- *rovina kartografického znázornění*

2D souřadnice bodu na referenční ploše jsou vyjádřeny zeměpisnými souřadnicemi φ – zeměpisná šířka, λ – zeměpisná délka.

2D souřadnice bodu v rovině kartografického zobrazení jsou vyjádřeny ortogonálními souřadnicemi x, y .

Prostorovou polohu bodu na referenční ploše popisujeme souřadnicemi φ, λ, H (elipsoidická výška vztažená k referenční ploše), nebo ortogonálním souřadnicovým systémem X, Y, Z . V 3D prostorových ortogonálních systémech bývají vyjádřena družicová měření. 3D systém lze vytvořit i ze systému daného rovinou kartografického zobrazení, a nadmořskou výškou h .

[4]

Naměřené veličiny se musí převést před vlastním zpracováním na výpočetní plochu pomocí:

- fyzikálních korekcí (u elektronicky měřených délek)

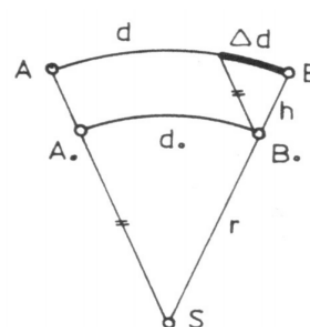
Přiřazení fyzikálního rozměru observovaným datům. Zadáním teploty, tlaku a vlhkosti přímo do přístroje dochází k zavedení oprav do přímo měřených délek. Pokud zapomeneme zavést fyzikální korekce zanášíme do měření systematickou chybu v měřítku.

- matematických korekcí (pro souřadnicové výpočty)
 - redukce měřené délky do nulového horizontu (redukce z nadmořské výšky)

$$d_0 = d - \Delta d,$$

$$\frac{\Delta d}{h} = \frac{d}{r + h},$$

$$\Delta d = d \frac{h}{r + h}.$$

$$d_0 = d \cdot \frac{R}{R + H}$$


Obrázek 6 Redukce měřené délky do nulového horizontu [5]

r ... poloměr referenční koule

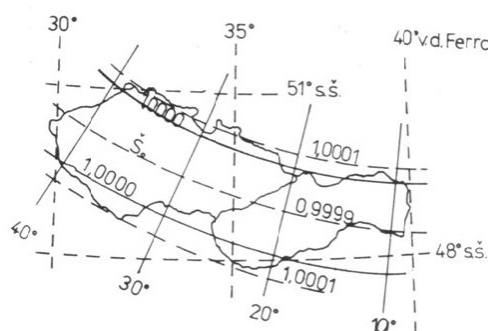
h ... nadmořská výška

- převod do kartografického zobrazení (korekce ze zkreslení)

$$s = d_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot (m_A + m_B)$$

Pro kratší délky

$$s = d_0 \cdot m_A$$



Obrázek 7 Převod do kartografického zobrazení [5]

m ... délkové zkreslení

4 Geodetické základy

Správu geodetických základů České republiky vykonává Zeměměřický úřad. Rozhoduje o umístění, přemístění, odstranění měřických značek základního bodového pole.

4.1 Rozdělení bodových polí

Polohové bodové pole:

- Základní polohové bodové pole
- Zhušťovací body
- Podrobné polohové bodové pole

Výškové bodové pole:

- Základní výškové bodové pole
- Podrobné výškové bodové pole

Tíhové bodové pole:

- Základní tíhové bodové pole
 - Absolutní tíhové body
 - Body České gravimetrické sítě nultého a I., II. řádu
 - Body hlavní gravimetrické základny
- Podrobné tíhové bodové pole
 - Body gravimetrického mapování
 - Body účelových sítí

Základní polohové bodové pole a zhušťovací body vytvářejí dohromady *Geodetické polohové základy*. Dříve se GPZ budovaly klasickou triangulací, následně se zpřesňovaly pomocí elektronických dálkoměrů a metod kosmické geodézie. Mezi moderní geodetické základy patří např. NULRAD nebo DOPNUL.

[6]

4.2 Polohové geodetické sítě

Polohové geodetické sítě jsou určeny v souřadnicovém systému a jsou podkladem pro polohové měření. Polohové bodové pole se rozděluje na základní a podrobné bodové pole.

Základní bodové pole

- Body referenční sítě nultého řádu
- Body Astronomicko-geodetické sítě (AGS)
- Body České státní trigonometrické sítě (ČSTS)
- Body geodynamické sítě

Podrobné polohové bodové pole

- Zhušťovací body
- Ostatní body podrobného bodového pole

Česká státní trigonometrická síť

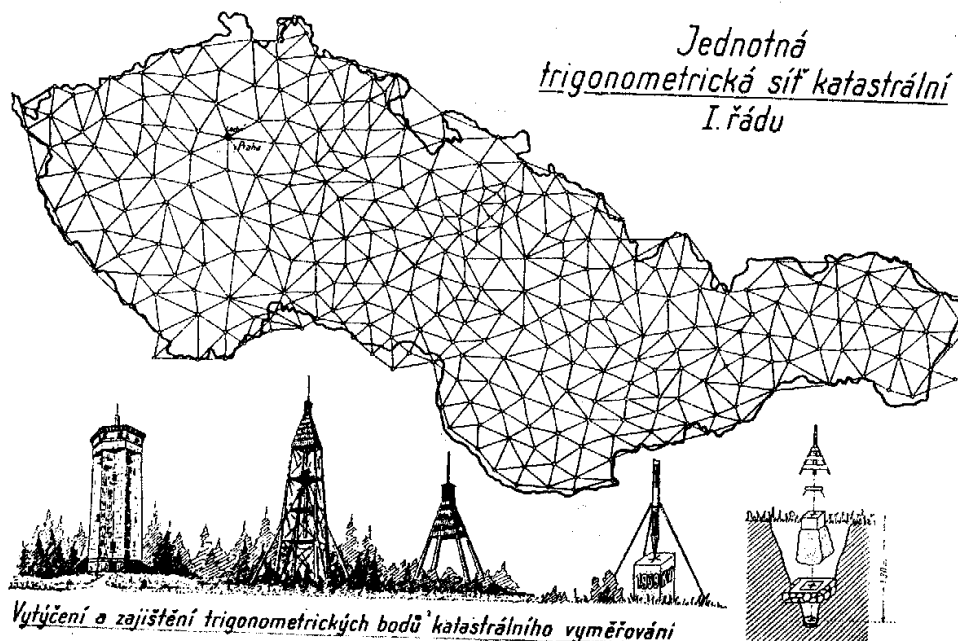
Budování ČSTS (dříve Československá jednotná trigonometrická síť) probíhalo ve třech etapách (1920-1957):

1. Zaměření „Základní trigonometrické sítě I. řádu“ (1920 - 1927)
2. Zaměření a zpracování „JTS I. řádu“ (1928 – 1937)
3. Zaměření a zpracování ostatních bodů JTS, tj. bodů II., III., IV., V. řádu (1928 – 1957)

V první etapě byla snaha co nejrychleji vybudovat spolehlivý základ pro zhušťování, jednotně pro celé území státu. Z časového hlediska a z technických důvodů nebylo možno vybudovat základy dle tehdejších požadavků:

- nebyla provedena nová astronomická měření
- nebyla změřena jedna geodetická základna
- nebyla spojena se sítěmi sousedních států
- byla převzata část měření směrů z Vojenské triangulace

[7]



Obrázek 8 Jednotná trigonometrická síť katastrální I. řádu [8]

Síť celkem obsahovala 268 bodů a 456 trojúhelníků. Došlo k vyrovnání sítě I. řádu, byl tak určen její definitivní tvar. Z časových důvodů byl její rozměr a orientace na Besselově elipsoidu určen nepřímou z rakouské vojenské triangulace (107 totožných bodů). Tato síť je základem pro S-JTSK, síť byla zobrazena do roviny pomocí Křovákova zobrazení.

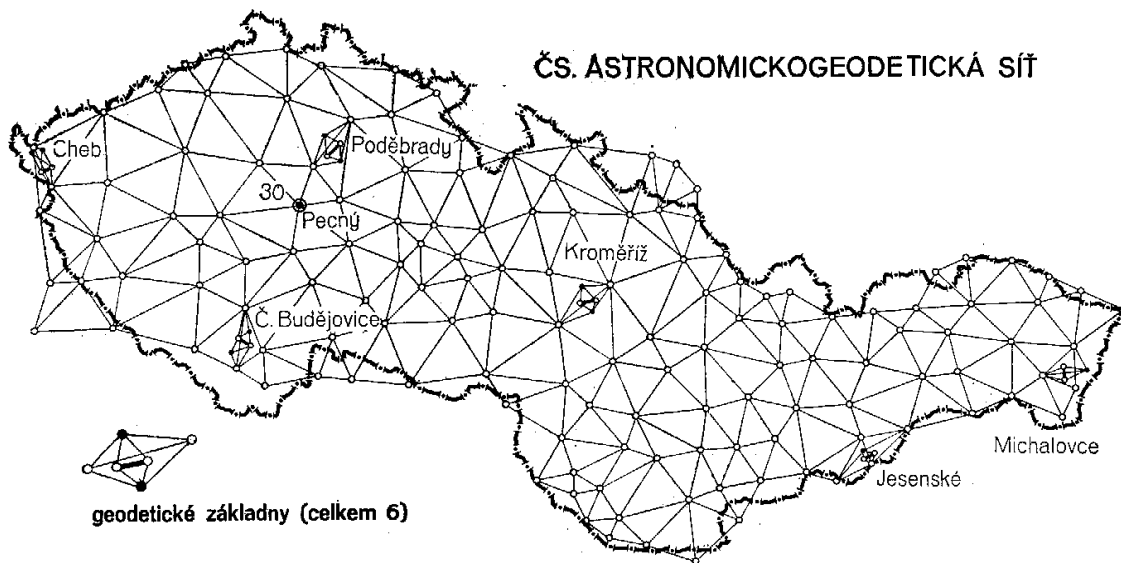
Astronomicko-geodetická síť

Od roku 1931 byla budována Základní trigonometrická síť s většími trojúhelníky ($s = 36$ km), s největší dosažitelnou přesností, dle nejnovějších vědeckých požadavků. Později je síti zavedeno mezinárodní označení astronomicko-geodetická síť (AGS).

Do roku 1954 bylo provedeno:

- úhlové měření trojúhelníků
- astronomická měření
- byly zaměřeny základny a rozvinovací sítě
- gravimetrická měření bodů I. řádu a bodů II. řádu
- bylo provedeno částečné spojení se sousedními státy

[7]



Obrázek 9 Československá Astronomicko-geodetická síť [8]

V roce 1955 byl shromážděn měřický materiál a byl vyrovnán společně se sítěmi zemí Východní Evropy. Vyrovnání proběhlo na Krasovském elipsoidu, pro rovinné souřadnice, bylo použito Gaussovo zobrazení.

Síť nultého řádu

Referenční síť nultého řádu vznikla připojením geodetických bodů pomocí kosmické geodézie k souřadnicovému systému ETRS-89 na území tehdejší ČSFR.

První kampaň byla GPS kampaň EUREF-CS/H 91, bylo připojeno 5 bodů sítě ASG.

Druhá kampaň, kdy byla změřena metodou GPS síť nultého řádu. Projekt pro vybudování národní prostorové referenční sítě CS-NULRAD-92, navázané na evropskou referenční síť EUREF, pomocí EUREF-CS/H 91. Zpracování proběhlo ve VÚGTK, výsledkem jsou souřadnice nultého řádu v systému ETRS-89, vztažené k souřadnicovému systému EUREF-89. Na území Česka je 10 bodů. Síť byla zahuštěna kampaněmi DOPNUL na 176 bodů. Síť tvoří kostru, která umožňuje vytvoření nulté realizace systému ETRS-89.

[7]

Základní geodynamická síť (ZGS)

ZGS je složena z geodynamických bodů, sloužících k pozorování pohybů zemského povrchu. Je zaměřována metodou GPS, velmi přesnou nivelací a gravimetricky. [7]

4.3 Výškové geodetické sítě

Výškové sítě tvoří body, jejichž výšky se určují nivelací a počítají ve výškovém systému. Výškové bodové pole se dělí na základní a podrobné výškové bodové pole.

Základní výškové bodové pole

- Základní nivelační body
- Body České státní nivelační sítě I. až III. řádu (ČSNS)

Podrobné výškové bodové pole

- Nivelační síť IV. řádu
- Plošné nivelační síť
- Stabilizované body technických nivelací

Základní nivelační body

Tvoří 12 nivelačních bodů, sloužící k zajištění České státní nivelační sítě (1. ZNB – Lišov).

Body České státní nivelační sítě I. až III. řádu

Rozložení na území státu tak, aby umožnily navazující výšková měření. Na webových stránkách ČÚZK lze vyhledat nivelační údaje o všech bodech základního výškového bodového pole.

Nivelační síť IV. řádu

Zahušťují nivelační síť vyšších řádů. [7]

5 Přípravné práce

5.1 Rekognoskace lokalit

Před samotným měřením byla provedena ve všech lokalitách rekognoskace se současným seznámením s lokalitou a s tamějším terénem. Lokality byly rekognoskovány v dubnu 2017 za přítomnosti Ing. Richarda Kratochvíla. Dle zadání bylo třeba vybudovat pomocnou měřickou síť. Zvolení polohy bodů měřické sítě probíhalo s ohledem na přístupnost, viditelnost a vhodnost k postavení přístroje nad bodem v terénu tak, aby se předešlo případnému bránění silničního provozu s ohledem na bezpečnost studentů, při budoucím využívání měřických sítí. Po úvaze rozmístění bodů měřické sítě tak, aby bylo možno co nejefektivněji zaměřit podrobné body polohopisu v lokalitě, proběhla stabilizace bodů.

V okolí budovy Gymnázia Matyáše Lercha se nachází uměle vytvořený násyp pod sportovním hřištěm, vydlážděná přístupová cesta ke gymnáziu s vysokými obrubníky, příjezdová cesta k zahrádkám na Kraví hoře, garáže a terénní stupně.



Obrázek 10 Pohled na lokalitu u budovy GML

V lokalitě Hvězdárny a planetária v Brně vede měřická síť přes horizont. Z toho důvodu se poloha bodů volila s ohledem na vzájemnou viditelnost. Asfaltovou cestu lemují husté borovice, a velké kameny zabraňující vjezd na travnatou plochu areálu Hvězdárny. Na jihovýchodě lokality podél cesty vede drátěný plot, dominantou této lokality je budova Hvězdárny a Planetária v Brně a dvě přiléhající observační budovy.



Obrázek 11 Pohled na lokalitu Hvězdárna a planetárium Brno

Lokalita parku na Kraví hoře se nachází pod kopcem na asfaltovém chodníku vedoucím k Náměstí Míru. Na severu ohraničuje lokalitu ulice Tůmova a na jihozápadě ulice Údolní. Kolem cesty se nachází lavičky, odpadkové koše a pouliční osvětlení. Nachází se zde vegetace v podobě hustých borovic, malých keřů a travnaté plochy. Terén je zde rovinatý a přehledný.



Obrázek 12 Pohled na lokalitu Park – Kraví hora

Obilní trh je náměstí tvořené pravoúhlou sítí chodníků, které se křížují. Nachází se zde množství stromů, keřů, pouličního osvětlení, odpadkových košů a laviček, dále je zde zastoupeno dětské hřiště, socha a fontána. Na jihu vede ulice Údolní a na severu ulice Gorkého, park je obklopený vysokými činžovními domy. Terén je zde rovinatý, avšak při volbě umístění bodů bylo nutné brát ohled na vzájemnou viditelnost mezi body, z důvodu vysokého počtu stromů a vysokých keřů v lokalitě.



Obrázek 13 Pohled na lokalitu Obilní trh

5.2 Rekognoskace výškového bodového pole

Na stránkách *www.cuzk.cz*, přes možnost *geoportál* jsem si vyhledala nivelační údaje o bodech výškového bodového pole. Bylo nutné vyhledat vždy nejméně 2 výškové body v blízkosti každé lokality, aby bylo možné ověřit výšky těchto bodů. Výšky bodů měřických sítí byly zaměřeny technickou nivelací a následně byla vypočtena jejich nadmořská výška.

Pro lokalitu okolí GML byly využity body nivelačního pořadu Kij Brno–Ivanovice–1.odbočný pořad, umístěné na budovách VUT Fakulty stavební v Brně. Bod Kij–7.2c se nachází na rohu budovy C Fakulty stavební, u křižovatky ulic Veverí a Resslera a bod Kij–7.2d na budově A Fakulty stavební, u hlavního vchodu do budovy.

Pro lokality na Kraví hoře byly využity body PNS. Bod JM–071–430 je umístěný na kamenném pilíři jižního schodiště u hvězdárny a dále bod JM–071–430a se nachází na betonové stavbě vodojemu pod budovou Hvězdárny a planetária v Brně.

Pro lokalitu Obilního trhu byly využity nivelační body PNS. Bod JM–071–436 se nachází na budově porodnice Fakultní nemocnice v Brně u křižovatky ulic Údolní a Obilní trh, bod JM–071–437 se nachází na budově č.p.401 na křižovatce ulic Úvoz a třída Obránců míru, bod JM–071–300 se nachází na ulici Veverí u tramvajové zastávky Grohova na budově č.p.52.

V tabulce jsou uvedeny body výškového bodového pole využité pro výškové zaměření bodů měřických sítí technickou nivelací.

Tabulka 1: Použité body výškového bodového pole

<i>Nivelační bod</i>	<i>Nadmořská výška Bpv</i>	<i>Stabilizace bodu</i>
<i>Kij 7.2c</i>	<i>250,669 m</i>	<i>čepová značka</i>
<i>Kij 7.2d</i>	<i>251,878 m</i>	<i>čepová značka</i>
<i>JM-071-430</i>	<i>305,223 m</i>	<i>hřebová značka</i>
<i>JM-071-430a</i>	<i>303,175 m</i>	<i>čepová značka</i>
<i>JM-071-436</i>	<i>229,680 m</i>	<i>čepová značka</i>
<i>JM-071-437</i>	<i>234,172 m</i>	<i>čepová značka</i>
<i>JM-071-300</i>	<i>229,300 m</i>	<i>čepová značka</i>

6 Měřická síť

6.1 Návrh měřické sítě

Návrh měřické sítě byl uskutečněn pro každou lokalitu, tudíž byly vytvořeny čtyři měřické sítě. Body každé měřické sítě byly navrženy tak, aby bylo možné z bodů co nejlépe zaměřit co nejvíce podrobných bodů v dané lokalitě při podrobném měření polohopisu. Při volbě rozmístění bodů byl brán zřetel také na základní podmínky při měření polární metodou, polygonovým pořadem, či technickou nivelací. Současně byly v lokalitách stabilizovány pomocné body, využité jako vzdálenější orientace pro již zmíněné metody měření.

Měřickou síť v lokalitě Gymnázia Matyáše Lercha tvoří 6 trvale stabilizovaných bodů měřické sítě (4101, 4102, ... 4106), v této lokalitě byl stabilizován pomocný bod 9101. V lokalitě Hvězdárny a planetária v Brně tvoří měřickou síť 6 trvale stabilizovaných bodů (4201, 4202, ... 4206) a pomocný bod 9201. Měřickou síť v lokalitě Kraví hora – Park tvoří 6 trvale stabilizovaných bodů měřické sítě (4301, 4302, ... 4306) a pomocný bod 9301. Měřickou síť v lokalitě Obilní trh tvoří 12 trvale stabilizovaných bodů měřické sítě (4401, 4402, ... 4412) a pomocné body 9401, 9402, 9403.

Celkově bylo trvale stabilizováno 30 bodů měřických sítí a 6 pomocných bodů.

6.2 Stabilizace bodů měřických sítí

Stabilizace bodů byla provedena s rozmyslem na možné poškození či opotřebování stabilizací měřických bodů. Proto jejich umístění bylo prováděno na místa méně frekventovaná, jako jsou okraje chodníků, cest nebo do obručníku. Při stabilizaci bodů bylo použito jako pomůcka kladivo k zatlučení měřických hřebů a dřevěných kolků do terénu. Po stabilizaci bodů měřických sítí došlo k signalizaci těchto bodů reflexním sprejem, pro snazší nalezení bodů v lokalitách.

Celkem bylo pro stabilizaci bodů měřických sítí využito 30 kovových měřických hřebů, 1 dřevěný kolek, 5 měřických hřebů s podložkou.

Tabulka 2: Přehled stabilizace bodů měřických sítí

lokalita	číslo bodu	stabilizace bodu		umístění
		druh	způsob	
Gymnázium Matyáše Lercha	4101	trvalá	hřeb	obrubník
	4102	trvalá	hřeb	obrubník
	4103	trvalá	hřeb	obrubník
	4104	trvalá	hřeb	obrubník
	4105	trvalá	hřeb	obrubník
	4106	trvalá	hřeb	obrubník
	9101	dočasná	dřevěný kolek	terén
Hvězdárna a planetárium Brno	4201	trvalá	hřeb	obrubník
	4202	trvalá	hřeb	asf. cesta
	4203	trvalá	hřeb	asf. cesta
	4204	trvalá	hřeb	obrubník
	4205	trvalá	hřeb	asf. cesta
	4206	trvalá	hřeb	asf. cesta
	9201	dočasná	hřeb s podložkou	dlažba
Kraví hora - Park	4301	trvalá	hřeb	asf. cesta
	4302	trvalá	hřeb	asf. cesta
	4303	trvalá	hřeb	asf. cesta
	4304	trvalá	hřeb	asf. cesta
	4305	trvalá	hřeb	asf. cesta
	4306	trvalá	hřeb	asf. cesta
	9301	dočasná	hřeb s podložkou	asf. cesta
Obilní trh	4401	trvalá	hřeb	asf. chodník
	4402	trvalá	hřeb	asf. chodník
	4403	trvalá	hřeb	asf. chodník
	4404	trvalá	hřeb	asf. chodník
	4405	trvalá	hřeb	asf. chodník
	4406	trvalá	hřeb	asf. chodník
	4407	trvalá	hřeb	asf. chodník
	4408	trvalá	hřeb	asf. chodník
	4409	trvalá	hřeb	obrubník
	4410	trvalá	hřeb	asf. chodník
	4411	trvalá	hřeb	asf. chodník
	4412	trvalá	hřeb	asf. chodník
	9401	dočasná	hřeb s podložkou	dl. chodník
	9402	dočasná	hřeb s podložkou	dl. chodník
	9403	dočasná	hřeb s podložkou	dl. chodník

7 Výběr přístrojů a pomůcek

Výběr pomůcek a přístrojů proběhl na základě konzultace s vedoucím bakalářské práce, kdy jsme se dohodli na předběžném zaměření všech bodů měřických sítí GNSS přijímačem. Dále jsme se dohodli na polohovém určení bodů polární metodou a určení nadmořských výšek technickou nivelací. Přístroje byly zapůjčeny VUT v Brně Fakultou stavební a firmou ZK-BRNO s.r.o.

Jako pomůcky byly v průběhu měřických prací použity dřevěný stativ, výtyčka, odrazný 360° hranol, přesná celistvá invarová 3 m lať s kódovou stupnicí, nivelační podložka, pásmo, svinovací metr, kladivo, dřevěný kolek, měřické hřeby.

7.1 GNSS přijímač

7.1.1 Trimble R4-3

Tento přijímač byl využit pro určení souřadnic bodů měřické sítě v S-JTSK. Současně k tomuto přístroji byla využita výtyčka pro GNSS aparaturu, která byla před započítím měření kontrolně přeměřena svinovacím metrem. Přístroj a pomůcky byly zapůjčeny Fakultou stavební v Brně.

Tabulka 3: Parametry GNSS přijímače Trimble R4-3 [9]

GNSS přijímač Trimble R4-3 (v.č. 5328440051, v.č.5345446904)		
Sleduje systémy		GPS, GLONASS, SBAS, Galileo, BeiDou
Přesnost RTK	V poloze	8 mm+1 ppm
	Ve výšce	15 mm+1 ppm
Komunikace		Bluetooth
Čas provozu baterie		2.5-5.0 hod
Ovladače Trimble		



Obrázek 14 GNSS přijímač Trimble R4-3 [10]

7.1.2 Trimble R8-2

Aparatura byla využita pro určení souřadnic pomocných bodů (9101, 9201, 9301, 9401, 9402, 9403) v S-JTSK, k aparatuře byla využita výtyčka Seco, která byla před započítím měření kontrolně přeměřena svinovacím metrem. Přístroj a pomůcky byly vypůjčeny firmou ZK-BRNO s.r.o

Tabulka 4: Parametry GNSS přijímače Trimble R8-2 [11]

GNSS přijímač Trimble R8-2 (v.č. 742066)		
Sleduje systémy		GPS, GLONASS, SBAS, Galileo, BeiDou
Přesnost RTK	V poloze	8 mm+1 ppm
	Ve výšce	15 mm+1 ppm
Komunikace		Bluetooth
Čas provozu baterie		2.5-5.0 hod
Webové rozhraní		
Ovladače Trimble		



Obrázek 15 GNSS přijímač Trimble R8-2 [12]

7.2 Totální stanice Trimble S5

Při polohovém měření byl využit dřevěný stativ Trimble, 360° odrazný hranol s výtyčkou Seco, metr pro určení výšky přístroje. Výška výtyčky byla ověřena svinovacím metrem. Přístroj a pomůcky byly zapůjčeny firmou ZK-BRNO s.r.o.

Tabulka 5: Parametry Totální stanice Trimble S5 [13]

Totální stanice Trimble S5 (v.č. 37010865)			
Zvětšení dalekohledu			30x
Přesnost	Úhlová		1" (0.3 mgon)
	Délková	Hranol	1 mm+2 ppm
		Bezhranol	2 mm+2 ppm
Dosah		1 hranol	2500 m
		Bezhranol	2200 m
Čas provozu baterie		1 vnitřní	6.5 hod
		3 vnitřní	20 hod
Libela		Krabicová v trojnožce	
		Elektronická dvojosa na displeji	
Komunikace		USB, Serial, Bluetooth	
Robotické měření		Autolock, Robotic	
Systém Servo			
GPS vyhledávání/Geolock			



Obrázek 16 Totální stanice Trimble S5 [14]

7.3 Nivelační přístroj Trimble DiNi

Jedná se o digitální nivelační přístroj se snadnou obsluhou v intuitivním menu. Při měření technickou nivelací byl využit dřevěný stativ Trimble, nivelační podložka, celistvá nivelační 3 m invarová lat' s ocelovou patkou.

Tabulka 6: Parametry nivelačního přístroje Trimble DiNi [15]

<i>Nivelační přístroj Trimble DiNi (v.č. 742066)</i>		
<i>Trimble DiNi 0.3mm na km</i>		
<i>Optické měření</i>		<i>1.5 mm</i>
<i>Elektrnické měření</i>		<i>0.3 mm</i>
<i>Dosah</i>		<i>1.5-10 0m</i>
<i>Rozlišení měření</i>	<i>Výška</i>	<i>0.0 1mm</i>
	<i>Vzdálenost</i>	<i>1 mm</i>
<i>Zvětšení dalekohledu</i>		<i>32x</i>
<i>Rozsah urovnání kompenzátoru</i>		<i>± 15 '</i>
<i>Komunikace</i>		<i>USB</i>
<i>Čas provozu baterie</i>		<i>3 dny měření</i>
<i>Displej a klávesnice</i>		
<i>Metody nivelace</i>	<i>ZV, ZVVZ, ZVZV, ZZVV, VZZV</i>	



Obrázek 17 Nivelační přístroj Trimble DiNi [16]

8 Použité metody měření

8.1 Metoda GNSS

Na základě požadavku vedoucího bakalářské práce jsem zaměřila body měřické sítě GNSS přijímačem metodou RTK. Souřadnice těchto bodů byly určeny v S-JTSK a sloužily jako podklad pro výuky v terénu stavebních oborů. Nicméně pro moji bakalářskou práci by body zaměřené GNSS aparaturou a metodou RTK nedostačovaly požadované polohové přesnosti určení bodů, která činila 2 cm. Souřadnice zaměřených bodů v S-JTSK sloužily pro transformaci bodů zaměřených terestrickou metodou z místního systému do S-JTSK.

Před měřením se založil nový soubor (Job), nastavily se parametry pro měření, doba observace, interval měření, připojení na síť, výška antény, atd. Observace na bodu probíhala 30 sekund a interval jedné epochy byl 3 sekundy. Z důvodu nezávislé kontroly jsem měření provedla znovu jiný den s odstupem měření minimálně 1 hodiny, z důvodu odlišné konstalace družic a tudíž ověření kvality, správnosti a přesnosti měření. V rámci měření GNSS metodou RTK jsem chtěla dosáhnout výsledku, kdy se budou souřadnice bodů lišit v poloze maximálně o 3 cm a ve výšce maximálně o 5 cm. Jelikož některé body nevyhovovaly této toleranci, zaměřila jsem tyto body ještě jednou, taktéž s odstupem 1 hodiny v jiný den. Bod 4407 byl změřen pouze jednou a bod 4412 nebyl změřen aparaturou GNSS vůbec, z důvodu zastínění vysokou vegetací a budovou Porodnice FN Brno. V tomto případě nedošlo k dostatečnému příjmu signálů z družic a tím nebyla přesnost měření dostačující. Tyto dva body byly určeny pouze terestrickou metodou.



Obrázek 18 Ukázka GNSS měření na bodě č. 9201

Metoda RTK je kinematická metoda, založena na určování polohy bodů pohybujícího se přijímače. Jeden přijímač je stále umístěn na výchozím daném bodě. Druhý přijímač se pohybuje a nepřetržitě proměřuje stanovenou trasu ve zvolených časových intervalech, nebo měří polohu jen na vybraných bodech. [17]

Pro měření RTK na bodech 4101, 4102, 4103, ... 4411 byla využita síť CZEPOS VRS3 IMAX - GG která přijímá korekce z družic GPS a GLONASS. Toto měření proběhlo v dubnu 2017.

Při měření na pomocných bodech 9101, ... 9403 byla využita síť Trimble VRS NOW CZ využívá korekce družic GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou. Toto měření proběhlo současně při měření terestrickou metodou v červenci 2017.

8.1.2 Služba CZEPOS

CZEPOS spravuje a provozuje Zeměměřický úřad jako součást geodetických základů České republiky. Jedná se o síť permanentních stanic GNSS České Republiky, která poskytuje uživatelům GNSS korekční data pro přesné určení pozice na území ČR. Korekční data jsou poskytována přes Internet. CZEPOS poskytuje 3 kategorie služeb: DGPS (přesnost do 10 cm), RTK (centimetrová přesnost s využitím korekčních dat z jednotlivých stanic CZEPOS), VRS (centimetrová přesnost s využitím korekčních dat z virtuální stanice), v rámci těchto služeb je 14 dalších služeb.

Služba VRS používá k výpočtu korekcí data z více stanic CZEPOS – tzv. síťové řešení. Vypočtenou virtuální stanici systém umístí do lokality měření. Pro využití je zapotřebí dvoufrekvenční aparatura GPS, která přijímá a zpracovává korekce v reálném čase s mobilním internetovým připojením. [18]



Obrázek 19 CZEPOS rozmístění permanentních stanic [18]

8.1.3 Služba Trimble VRS Now Czech

Jde o službu, která umožňuje přístup ke korekčním datům metody RTK přes internet. Umožňuje měřit s centimetrovou přesností, díky vybudované síti 24 pevných referenčních stanic rovnoměrně rozmístěných v České republice s překryvem do Německa. Síť je provozována firmou Trimble.

- Trimble vyvinul VRS korekce
- Trimble VRS Now je postavena na síťovém řešení
- Jednotlivé referenční stanice jsou bezpečně a profesionálně spravovány, tj. příjem spolehlivých, kvalitních a dlouhodobě konzistentních dat
- Přijímače Trimble VRS Now Czech podporují příjem signálů ze systému GLONASS, jsou připraveny přijímat signály ze systému Galileo

[19]



Obrázek 20 Trimble VRS Now Czech rozmístění referenčních stanic [20]

8.2 Polární metoda

Jde o nejčastěji používanou metodu při měření podrobných bodů. Metodu jsme použili při polohovém určení bodů měřických sítí. Metoda spočívá v měření osnovy vodorovných směrů ve dvou polohách dalekohledu. [21]

Měřil se nulový směr na nejvzdálenější orientaci, směry na určované body, šikmé vzdálenosti, zenitové úhly. Dále se změřila svinovacím metrem výška přístroje nad bodem a výška výtyčky s odrazným hranolem. Po založení zakázky v totální stanici jsme nastavili parametry pro měření, teplotu, vlhkost, tlak, délkové jednotky, úhlové jednotky. Měření směrů i vzdáleností proběhlo ve dvou polohách dalekohledu.

V lokalitě GML se zaměřily body měřické sítě ze stanovisek 4103 (orientace na bod 9101, 4106), 4106 (orientace na body 9101, 9103). U Hvězdárny a planetária Brno se měřilo ze stanovisek 4204 (orientace na body 9201, 4203), 4203 (orientace na body 9201, 4204). V lokalitě Kraví hora – Park se měřilo ze stanovisek 4301 (orientace na body 9301, 4306), 4306 (orientace na body 9301, 4301), v lokalitě Obilní trh se měřilo ze stanovisek 9401 (orientace na body 9402, 4411), 9402 (orientace na body 9401, 9403), 9403 (orientace na body 9402, 4411), 4411 (orientace na body 9403, 9401). Měření proběhlo v místní síti a při kancelářských pracích bylo transformováno do S-JTSK, měření bylo provedeno v červenci 2017.



Obrázek 21 Ukázka měření totální stanicí Trimble S5

8.3 Technická nivelace

Měření výšek na určovaných bodech měřických sítí proběhlo technickou nivelací. Požadavek, na výškové určení bodů výukových měřických sítí, byl určení nadmořských výšek ve výškovém systému Bpv. Principem této metody je geometrická nivelace ze středu. Při měření nepřesáhla délka záměry 50 m, délky záměr se lišily o decimetry, výška záměry nad terénem neklesla pod 0,6 m.



Obrázek 22 Ukázka měření přístrojem Trimble DiNi 0.3

Před měřením TN proběhla zkouška nivelačního přístroje pro kontrolu případného poškození přístroje. Měření také předcházela kontrola nadmořských výšek nivelačních bodů. Pro lokality byly vybrány nivelační body, které byly co nejlépe dostupné a jejichž nadmořská výška se ověřením potvrdila.

dini-kontrola_pristroje – Poznámkový blok

Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda

For M5 Adr	1 TO	d11208.dat							
For M5 Adr	2 TO	Ukonceni mereni							
For M5 Adr	3 KD1	1						Z	100.00000 m
For M5 Adr	4 KD1	1	19:06:573	R	1.37618 m	HD	15.004 m		
For M5 Adr	5 TO	Vlozene zamery							
For M5 Adr	6 KD1	2	19:07:283	RZ	1.68706 m	HD	14.932 m	Z	99.68912 m
For M5 Adr	7 TO	Konec vlozenych zamer							
For M5 Adr	8 TO	Ukonceni mereni							
For M5 Adr	9 KD1	1						Z	100.00000 m
For M5 Adr	10 KD1	1	19:09:233	R	1.68031 m	HD	4.192 m		
For M5 Adr	11 TO	Vlozene zamery							
For M5 Adr	12 KD1	2	19:09:493	RZ	1.99116 m	HD	34.211 m	Z	99.68915 m
For M5 Adr	13 TO	Konec vlozenych zamer							

Obrázek 23 Ukázka zápisníku kontroly nivelačního přístroje Trimble DiNi 0.3

Pro lokalitu GML vycházel nivelační pořad z nivelačního bodu *Kij-7.2c* na rohu budovy C Fakulty stavební v Brně, kde také končil. Bod byl ověřen z bodu *Kij-7.2d*. Pro lokality Hvězdárna a planetárium Brno a Kraví hora – Park byl využit nivelační bod *JM-071-430*, který byl ověřen z bodu *JM-071-430a*. Pro lokalitu Obilní trh byl využit nivelační bod *JM-071-436*, který byl ověřen z bodů *JM-071-437* a *JM-071-300*.

Kritérium přesnosti pro TN:

$$\Delta_{max} = 40 \cdot \sqrt{L_{km}} \quad [22] \quad (1)$$

kde L_{km} ... délka nivelačního pořadu v [km]

Tabulka 7: Porovnání dosažené přesnosti nivelačních bodů

Lokalita	Výchozí bod	Ověřen z bodu	Vzdálenost [km]	Přesnost [mm]		
				Požadovaná	Dosažená	
GML	<i>Kij 7.2c</i>	<i>Kij 7.2d</i>	0,05776	13,3	-	
	<i>Kij 7.2d</i>	<i>Kij 7.2c</i>	0,11004		1,0	-1,5
	<i>Kij 7.2c</i>	<i>Kij 7.2c</i>	0,27812			-0,6
Hvězdárna a planetárium Brno	<i>JM-071-430</i>	<i>JM-071-430a</i>	0,04649	12,0	-	
	<i>JM-071-430a</i>	<i>JM-071-430</i>	0,08960		0,2	0,0
	<i>JM-071-430</i>	<i>JM-071-430</i>	0,25302			-2,2
Obilní trh	<i>JM-071-436</i>	<i>JM-071-437</i>	0,15728	34,8	8,1	
		<i>JM-071-300</i>	0,38375		5,7	
			0,22647			-0,8
	<i>JM-071-437</i>	<i>JM-071-436</i>	0,14627		-	
	<i>JM-071-300</i>	<i>JM-071-436</i>	0,37431		-	
	<i>JM-071-436</i>	<i>JM-071-436</i>	0,22804			
			0,17210	1,1		0,3

Zaměřily se výšky hlaviček měřických hřebů, zde byl brán důraz na správné postavení latě na měřický hřeb tak, aby se neopírala o blízký přiléhající terén, ale pouze o hlavičku měřického hřebu. Nivelační pořad byl měřen obousměrně. Díky elektronickému nivelačnímu přístroji se po vložení nadmořské výšky výchozího a koncového bodu provedl v terénu výpočet nivelačního zápisníku.

Přístroj a pomůcky využívané při měření výšek technickou nivelací, jsou také vhodné pro měření výšek přesnou nivelací. Avšak museli bychom dodržovat zásady pro měření PN a ty zde nebyly dodrženy. Měření bylo provedeno technickou nivelací, metodou geometrické nivelace ze středu, v srpnu 2017.

9 Místopisné náčrty

Místopisné náčrty jsem vyhotovila v dubnu 2018. V zadaných lokalitách bylo vytvořeno celkem 30 místopisných náčrtů.

Snažila jsem se co nejlépe vystihnout daný terén a hlavní orientační prvky podle kterých by se mohl uživatel orientovat. K bodům jsem se snažila zaměřit minimálně 3 oměrné míry, od prvků trvalého charakteru v lokalitách. Pro měření jsem použila pásmo a svinovací metr. K následné signalizaci bodu jsem použila reflexní sprej.

V lokalitě GML může nastat problém s vyhledáním bodů u překryvu travnatým porostem, či zapadání listím. V lokalitě Hvězdárny a planetária Brno mohou být na bodech zaparkována auta, v Parku na Kraví hoře by mohl nastat problém s opotřebením hřebů kolemjdoucími chodci. Na obilním trhu jsou body snadno dohledatelné, ovšem na podzim mohou být zapadány listím.



Obrázek 24 Ukázka signalizace bodu při vyhotovení měřického náčrtu

10 Zpracování měření

Ke zpracování měření došlo po exportu naměřených dat z příslušných přístrojů. Všechna data z přístrojů byla stažena do externího zařízení pomocí komunikačního portu. Zpracování naměřených dat proběhlo v programu Groma v.11, MicroStation PowerDraft V8i, Microsoft Excel 2016. Po výpočtu s následným vyrovnaním souřadnic, následovala tvorba přehledných náčrtů měřických sítí a tvorba geodetických údajů k bodům.

10.1 Výstupní formáty

Z přístroje byla vyexportována surová data z měření ve výstupních formátech. Výstupem měření aparaturou GNSS byl textový soubor protokolu GNSS (RTK) měření, který obsahuje číslo bodu, souřadnice, přesnosti určení bodu, připojení k síti, počet satelitů, výšku antény, datum měření, začátek měření a dobu měření, atd. Výstupem totální stanice byl zápisník měření s příponou *.asc (pro výpočet jsme tento soubor převedli na formát *.zap), ve kterém je uveden způsob měření délek, číslo a výška stanoviska, číslo a výška cíle, šikmá délka, vodorovný úhel, zenitový úhel. Výstupem nivelačního přístroje je vypočtený nivelační zápisník s příponou *.DAT, který obsahuje čísla přestavových bodů, čísla určovaných bodů, převýšení, délky záměr, výsledné výšky bodů. Všechny zápisníky z měření, včetně kontroly nivelačního přístroje, jsou k dispozici na CD ve složce Příloha č.1_Zápisníky.

10.2 Výpočetní práce

10.2.1 Výpočet souřadnic GNSS metodou

Výpočet souřadnic bodů určených metodou GNSS spočíval v sestavení vyexportovaných souřadnic určených bodů (určených v systému ETRS-89 a následně převedených globální transformací do S-JTSK) do přehledné tabulky. Touto metodou bylo určeno 29 bodů měřických sítí. Výpočet proběhl v tabulce, kde byly porovnány naměřené souřadnice ze třech měření aparaturou GNSS. Porovnávaly se x-ové, y-ové souřadnice určených bodů a jejich výšky, za předpokladu rozdílu souřadnic v poloze maximálně 3 cm a rozdílu v určení výšky maximálně 5 cm. Výsledné souřadnice určených bodů byly vypočteny aritmetickým průměrem ze dvou vyhovujících měření (bod 4407 pouze z jednoho měření, bod 4412 nebyl vypočten). Výpočet proběhl v programu Microsoft Excel 2016, tabulky jsou dostupné na CD v Příloze č.3_Výpočet souřadnic z GNSS.

POUŽITÉ A MĚŘENÉ BODY

Císlo bodu	Y	X	Z	Přesnost XY	PDOP Z	Sít*	Pocet sat.	Antena vyska; od**	Datum	Zacatek mereni	Doba mereni[s]	Kod bodu
4101.3	599376.352	1159299.184	262.362	0.007	0.013	1.93	3	iMAXG	13	2.00	SZ 11.04 13:53	9
4102.3	599383.507	1159288.102	262.439	0.008	0.014	1.70	3	iMAXG	13	2.00	SZ 11.04 13:55	9
4103.3	599415.691	1159269.159	262.466	0.014	0.022	2.16	3	iMAXG	10	2.00	SZ 11.04 13:57	9
4204.3	599768.294	1159530.213	302.544	0.010	0.026	2.70	3	iMAXG	12	2.00	SZ 11.04 14:09	9
4202.3	599777.486	1159554.994	303.949	0.009	0.017	1.78	3	iMAXG	15	2.00	SZ 11.04 14:10	9
4203.3	599786.502	1159584.447	302.952	0.011	0.022	2.70	3	iMAXG	13	2.00	SZ 11.04 14:12	9
4205.3	599775.019	1159560.216	303.827	0.010	0.018	1.97	3	iMAXG	11	2.00	SZ 11.04 14:17	9
4304.3	599894.556	1159662.699	287.765	0.009	0.017	1.68	3	iMAXG	14	2.00	SZ 11.04 14:23	9
4306.3	599960.581	1159710.139	289.941	0.009	0.015	1.35	3	iMAXG	16	2.00	SZ 11.04 14:25	9
4401.3	598853.832	1160286.167	228.777	0.005	0.009	1.29	3	iMAXG	16	2.00	SZ 11.04 14:42	9
4403.3	598901.110	1160287.281	229.210	0.006	0.010	1.36	3	iMAXG	14	2.00	SZ 11.04 14:45	9
4406.3	598858.952	1160236.808	229.544	0.009	0.017	1.58	3	iMAXG	13	2.00	SZ 11.04 14:50	9
4405.3	598853.808	1160240.102	229.434	0.009	0.016	1.58	3	iMAXG	13	2.00	SZ 11.04 14:51	9
4408.3	598914.121	1160182.988	230.831	0.021	0.024	2.27	3	iMAXG	10	2.00	SZ 11.04 15:02	9

* Bod meren na: 1 VRS = Trimble VRS NOW CZ
2 = TOPNET
3 RTK = CZEPOS RTK a RTK3
3 PRS = CZEPOS RTK-PRS; 3 FKP = CZEPOS RTK-FKP;
3 MAX = CZEPOS VRS3-MAX; 3 iMAX = CZEPOS VRS3-iMAX;
3 MAXG = CZEPOS VRS3-MAX-GG; 3 iMAXG = CZEPOS VRS3-iMAX-GG;
3 CMR = CZEPOS VRS3-iMAX-GG_CM; 3 CMR+ = CZEPOS VRS3-iMAX-GG_CM+;
4 = ostatni
** Vyska anteny merena od: FC = fazoveho centra; SZ = spodku zavitu; SN = stredu narazniku
Hodnoty PDOP oznacene * jsou mimo nastavenou toleranci: 7.00
Hodnoty s RMS oznacene # jsou mimo nastavenou toleranci: 40.00
Body oznacene ! NoFix ! pred cislem bodu nebyly pri mereni Fixovany!

Obrázek 25 Ukázka protokolu GNSS-RTK měření bodů měřických sítí

10.2.2 Výpočet souřadnic polární metodou s následným vyrovnáním souřadnic

Polohové a výškové vyrovnání bodů měřické sítě bylo provedeno v programu Groma v.11. Vyrovnání bodů měřické sítě spočívalo ve výpočtu bodů polární metodou, v místním souřadnicovém systému a v následné transformaci vypočtených bodů na body určené metodou GNSS-RTK do S-JTSK. Současně byly vypočteny nadmořské výšky určených bodů měřené trigonometricky.

Před samotným výpočtem byly nastaveny korekce pro výpočet, pomocí funkce Křovák. Byla zadána hodnota souřadnice a nadmořské výšky bodu v přibližném těžišti oblasti měření. Po výpočtu měřítkového koeficientu, proběhl import zápisníku měření.

Obrázek 26 Ukázka nastavení měřítkového koeficientu v programu Groma v.11

Měření probíhalo ve dvou polohách dalekohledu, z toho důvodu muselo dojít ke zpracování zápisníku (Měření – Zpracování zápisníku). Při zpracování zápisníku se nastavily parametry a opravy potřebné ke zpracování zápisníku. Protokol o zpracování zápisníku je doložen na CD v příloze 2.1_Zpracování zápisníku.txt.

Obrázek 27 Ukázka zpracování zápisníku měření v programu Groma v.11

Po výpočtu zápisníku měření došlo ke zvolení místní souřadnicové soustavy pro každou lokalitu. Zvolila jsem si dva body v místním souřadnicovém systému pro lokalitu GML, Hvězdárnu a planetárium Brno, Park – Kraví hora. Jednalo se o stanoviška z nichž bylo měřeno (y-ová i x-ová souřadnice byla zvolena jako nulová) a nejvzdálenější orientace (y-ová souřadnice je nulová, x-ová souřadnice je hodnota vodorovné vzdálenosti mezi body). V lokalitě Obilní trh byly z důvodů větší oblasti měření a většího počtu měřených bodů vypočteny souřadnice čtyř bodů v místním souřadnicovém systému pomocí vetknutého polygonového pořadu (Výpočty – Polygonový pořad). Zvolili jsme si dva výchozí body o zvolených souřadnicích v místní souřadnicové soustavě, které jsme zvolili jako počáteční (9403) a koncový bod (9402) polygonového pořadu. Určované body (9401, 4411) byly vypočteny funkcí polygonového pořadu jako měřené body. Následně došlo k výpočtu souřadnic bodů v místním souřadnicovém systému polární metodou (Výpočty - Polární metoda). Výsledné souřadnice určovaných bodů, zaměřené z více stanovišek, se vypočetly aritmetickým průměrem ze dvou hodnot. Výpočet souřadnic bodů polární metodou je doložen na CD v příloze 2.2_Polární metoda.txt.

The screenshot displays the Groma v.11 software interface, which is used for geodetic measurements and calculations. It consists of several windows:

- Top Window: "1.1.zapisnik_TS.mes": Měření**

Předč.	Číslo	Hz	Z	Vod.délka	dH	Signál	Por.
4106						1.622	STI
9101	0.0000	94.1391	55.958			1.550	
4102	60.5479	99.3661	16.173			1.550	
4101	7.3471	98.6685	5.358			1.550	
4105	77.0951	99.6625	19.234			1.550	
4104	70.9667	99.6909	37.278			1.550	
4103	53.4174	99.7053	53.380			1.550	
4103						1.488	STI
9101	0.0000	92.9161	44.594			1.550	
4104	289.8996	100.0086	20.236			1.550	
4105	310.9720	100.1405	36.134			1.550	
4102	320.2869	100.0383	37.353			1.550	
4101	327.9362	100.0916	49.498			1.550	
4106	323.3552	100.3031	53.380			1.550	
4204						1.862	STI
9201	0.0000	97.4240	38.547			1.550	
4203	360.7238	99.9129	57.198			1.550	
- Bottom Window: "místni_system-1.crd": Souřadnice**

Předč.	Číslo	Y	X	Z	Typ	K
	4101	0.610	5.328			
	4102	13.161	9.398			
	4103	39.716	35.666			
	4104	33.470	16.418			
	4105	18.002	6.779			
	4106	0.000	0.000			
	9101	0.000	55.958			
- Right Window: [1] Polární metoda - [2]**

This window shows the calculation parameters for the polar method. It includes fields for "Měřené hodnoty" (Measured values) and "Vypočtené souřadnice" (Calculated coordinates).

Měřené hodnoty:

 - Předč.: []
 - Číslo: [4102]
 - Směr: [327.9362]
 - Délka: [49.498]
 - Kód: []
 - Převýšení: []
 - Zenitový úhel: [100.0916]
 - Výška cíle: [1.550]
 - Kval: [3]

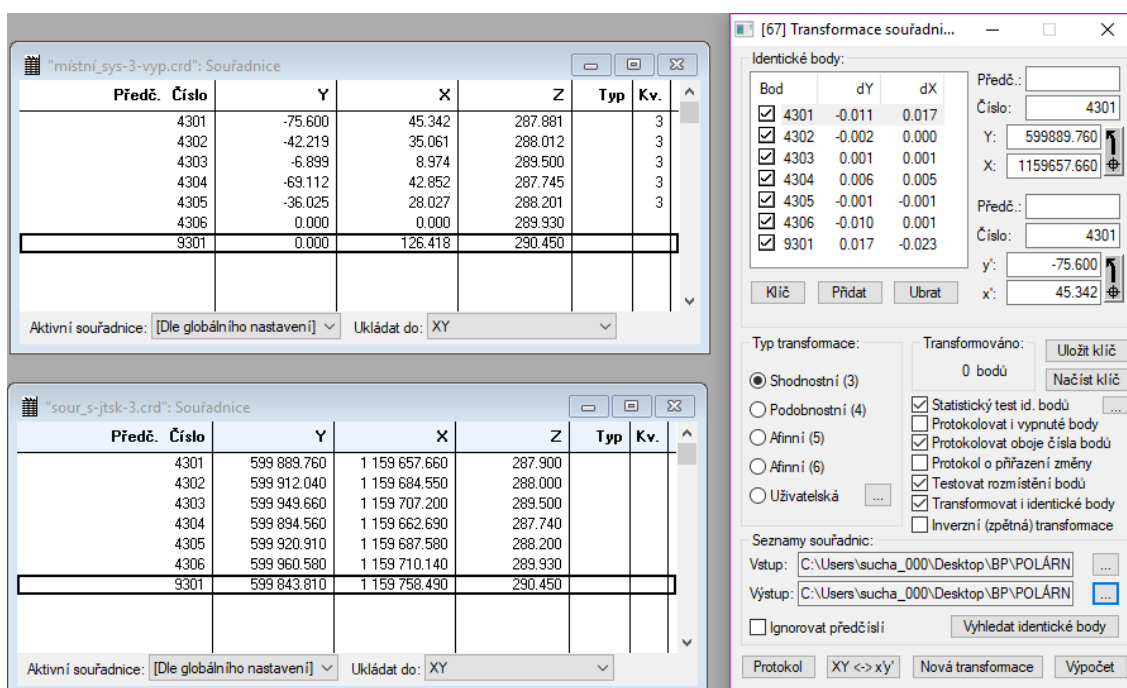
Vypočtené souřadnice:

 - Předč.: []
 - Číslo: [4101]
 - Kód: []
 - Kval: [3]
 - Y: [0.602]
 - X: [5.333]
 - Z: []

Buttons at the bottom: Protokol, Nové stanoviško, Výpočet.

Obrázek 28 Ukázka výpočtu souřadnic bodů polární metodou v programu Groma v.11

Po výpočtu souřadnic bodů v místním souřadnicovém systému došlo k transformaci bodů do S-JTSK. Vypočtené body v místním souřadnicovém systému jsme transformovali na body o souřadnicích v S-JTSK získané z GNSS měření. Pro výpočet jsme použili shodnostní transformaci, kde dochází pouze k otočení a posunutí bodů. Výsledkem transformace byly souřadnice určených bodů v S-JTSK a výšky bodů určeny trigonometricky ve výškovém systému Bpv. Protokol o transformaci souřadnic, včetně střední souřadnicové chyby transformačního klíče pro jednotlivé lokality je doložen na CD v příloze 2.3_Transformace souřadnic.txt.



Obrázek 29 Ukázka transformace souřadnic bodů v programu Groma v.11

Protokoly o výpočtech provedených v programu Groma v.11, které jsou zmíněny v této kapitole, jsou doloženy na CD ve složce Příloha č.2_Protokoly.

Tabulka 8: Výpočet nadmořských výšek bodů měřické sítě

lokalita	číslo bodu	$h_M [m]$	$\delta h_v [mm]$	$h_v [m]$	$v_h [mm]$
Gymnázium Matyáše Lercha	4101	262,37733	0,11	262,377	-0,055
		262,37722			0,055
	4102	262,42552	-	262,426	-
	4103	262,51240	-	262,512	-
	4104	262,44505	0,00	262,445	0,000
		262,44505			0,000
	4105	262,36675	0,01	262,367	-0,005
		262,36674			0,005
	4106	262,19254	-	262,193	-
Hvězdárna a planetárium Brno	4201	302,25158	-	302,252	-
	4202	303,80646	0,09	303,807	0,045
		303,80655			-0,045
	4203	302,92826	0,06	302,928	-0,030
		302,92820			0,030
	4204	302,54046	0,09	302,541	0,045
		302,54055			-0,045
	4205	303,93125	0,05	303,931	0,025
		303,93130			-0,025
	4206	303,06354	-	303,064	-
Kraví hora - Park	4301	287,87015	0,18	287,870	-0,090
		287,86997			0,090
	4302	288,00021	0,63	288,000	-0,315
		287,99958			0,315
	4303	289,48915	-	289,489	-
	4304	287,73328	0,31	287,733	0,155
		287,73359			-0,155
	4305	288,19029	0,53	288,190	-0,265
		288,18976			0,265
	4306	289,92347	0,11	289,923	-0,055
		289,92336			0,055

kde h_M ... měřená výška v [m]

δh_v ...rozdíl měřených výšek v [mm]

h_v ...vypočtená výška v [m]

v_h ...rozdíl měřené výšky od vypočtené výšky v [mm]

Tabulka 9: Výpočet nadmořských výšek bodů měřické sítě

lokality	číslo bodu	$\Delta h_M [m]$	$h_M [m]$	$\delta h_v [mm]$	$h_v [m]$	$v_h [mm]$
Obilní trh	4401	-0,88091	228,79909	0,01	228,799	-0,005
		-0,88092	228,79908			0,005
	4402	-0,89685	228,78315	0,00	228,783	0,000
		-0,89685	228,78315			0,000
	4403	-0,47194	229,20806	0,03	229,208	0,015
		-0,47191	229,20809			-0,015
	4404	-0,52705	229,15295	0,04	229,153	0,020
		-0,52701	229,15299			-0,020
	4405	-0,25225	229,42775	0,29	229,428	0,145
		-0,25196	229,42804			-0,145
	4406	-0,13053	229,54947	0,12	229,550	0,060
		-0,13041	229,54959			-0,060
	4407	0,24912	229,92912	0,16	229,929	0,080
		0,24928	229,92928			-0,080
	4408	1,15123	230,83123	0,11	230,831	0,055
		1,15134	230,83134			-0,055
	4409	1,23397	230,91397	0,17	230,914	0,085
		1,23414	230,91414			-0,085
	4410	0,77468	230,45468	0,03	230,455	-0,015
		0,77465	230,45465			0,015
	4411	0,77563	230,45563	0,28	230,456	0,140
		0,77591	230,45591			-0,140
	4412	0,16897	229,84897	0,28	229,849	0,140
		0,16925	229,84925			-0,140

kde $\Delta h_M \dots$ měřené převýšení v [m]

$h_M \dots$ měřená výška, vypočtená z měřených převýšení v [m]

$\delta h_v \dots$ rozdíl měřených výšek v [mm]

$h_v \dots$ vypočtená výška v [m]

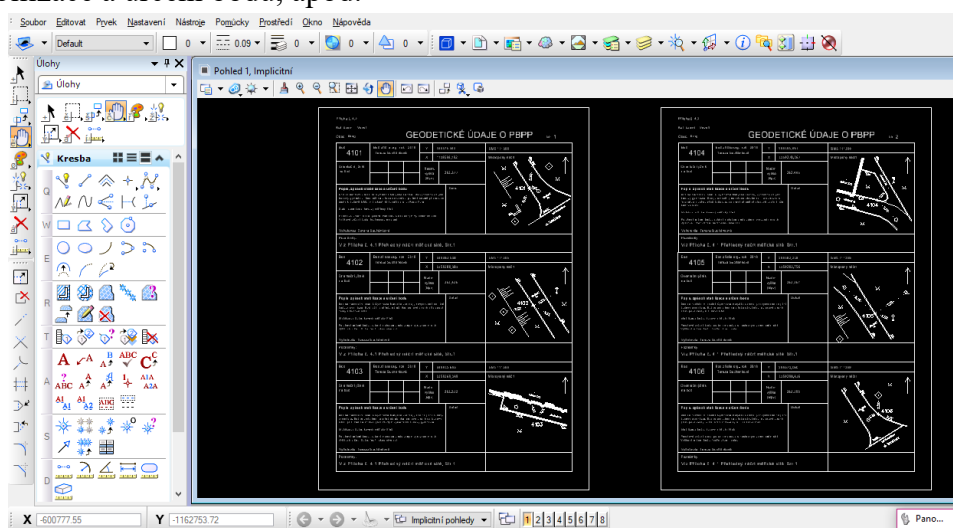
$v_h \dots$ rozdíl měřené výšky od vypočtené výšky v [mm]

10.3 Grafické zpracování měření

Dle zadání bylo nutno vyhotovit přehlednou dokumentaci měřických sítí. Vytvořila jsem přehledný náčrt měřických sítí a geodetické údaje ke každému určovanému bodu měřické sítě. Grafické zpracování probíhalo v programu MicroStation PowerDraft V8i. Dokumentace měřických sítí se nachází na CD ve složce Příloha č.4_Náčrty a také v vytištěných přílohách 4.1 Přehledný náčrt měřické sítě a 4.2 Geodetické údaje o PBPP.

Pro zpracování přehledných náčrtů měřických sítí sloužila jako podklad katastrální mapa k.ú.Veverří, kterou jsem získala ze stránek ČÚZK ve formátu *.dgn. Katastrální mapu jsem doplnila o popisy, které jsem získala z informací k měřickým náčrtům o bodech. Do výkresu jsem si nainportovala souřadnice bodů měřických sítí v S–JTSK, referenčně jsem do výkresu připojila upravený výkres katastrální mapy k.ú. Veverří. Pro přehlednost náčrtu měřické sítě jsem podklad obarvila šedou barvou a body měřické sítě jsem při importu nastavila v attributech červeně, popřípadě jsem se řídila dle legendy. Součástí náčrtů je i legenda použitých prvků v náčrtu, orientace k severu a popisové pole.

Při zpracování geodetických údajů o bodech měřické sítě jsem vycházela z místopisných náčrtů vytvořených v terénu. Při zpracování grafiky jsem se držela zaměřených oměrných měř, tak aby byl bod co nejvěrohodněji zaznamenán v závislosti na svém okolí. V geodetických údajích jsou kromě grafického zobrazení bodu uvedena čísla bodů, souřadnice v S–JTSK, nadmořské výšky v Bpv, popis bodů, způsob stabilizace a určení bodu, apod.



Obrázek 31 Ukázka z prostředí MicroStation PowerDraft V8i

11 Posouzení dosažených výsledku

Pro posouzení dosažených hodnot vypočtených souřadnic a nadmořských výšek jsem použila program Microsoft Excel 2016. Do přehledných tabulek jsem vložila vypočtené hodnoty polohového určení bodů a výškového určení bodů a porovnála jsem je mezi sebou. Informativní porovnání výsledných souřadnic a výšek se nachází na CD ve složce Příloha č.6_Porovnání souřadnic a také v tištěné formě v přílohách 6.1 Porovnání YX, 6.2 Porovnání H.

Při polohové určení bodů jsem se snažila docílit maximální hodnoty polohové odchylky bodů do 2 cm, což bylo v rámci přehledného porovnání polohového určení bodů prokázáno. V lokalitách GML, Hvězdárna a planetárium Brno, Kraví hora – Park byla maximální polohová odchylka z vyrovnání a z dvojího měření GNSS do 10 mm. V lokalitě Obilní trh maximální odchylka dosáhla hodnoty 17 mm na bodě 4408. V těchto místech dochází ke špatnému příjmu signálu, z důvodu blízkosti vysokých stromů a budovy Porodnice FN Brno, tudíž měření GNSS mohlo být ovlivněno touto skutečností. Výsledná poloha určovaných bodů je vypočtena z vyrovnání měřické sítě.

Při výškovém posouzení vypočtených nadmořských výšek bodů, šlo pouze o informativní posouzení hodnot. Výšky byly určeny pomocí technické nivelace a trigonometrie. Výšky z GNSS se na několika bodech lišily o více než 5 cm (4403, 4404, 4412), což svědčí o (očekávané) nižší přesnosti GNSS měření. Výsledné nadmořské výšky určovaných bodů byly určeny z měření technickou nivelací, na základě požadavku přesnosti určení výšek. Maximální hodnota odchylky dvou výšek byla dosažena v lokalitě Kraví hora–Park a to na bodě 4302, kde byla hodnota rozdílu výšek 0,63 mm, viz Tabulka 8 a Tabulka 9.

Výsledný seznam souřadnic bodů měřických sítí se nachází na CD ve složce Příloha č.5_Seznam souřadnic a také v tištěné příloze 5.1 Seznam souřadnic bodů.

12 Závěr

Výsledkem této bakalářské práce je polohové určení, výškové určení a vyhotovení přehledné dokumentace měřických sítí, které budou v budoucnu využívány pro výuku v terénu studenty Fakulty stavební VUT v Brně. Měření probíhalo od jara do podzimu roku 2017.

Před měřením proběhla rekognoskace terénu na všech čtyřech lokalitách, tj. Gymnázium Matyáše Lercha, Hvězdárna a planetárium v Brně, Kraví hora – Park, Obilní trh. Dále bylo trvale stabilizováno 30 bodů měřických sítí měřickými hřeby. Pro polohové zaměření bodů měřické sítě byla použita metoda GNSS–RTK a polární metoda. Pro výškové určení bodů měřické sítě byla použita metoda geometrické nivelace ze středu a trigonometrické určení výšek.

Výpočet polohy bodů měřické sítě proběhl v programu Groma v.11., výpočtem polární metody v místním souřadnicovém systému. Maximální polohová odchylka souřadnic určovaných bodů byla 0,020 m a to v lokalitě Obilní trh, viz Příloha 2.2_Polární metoda. Následně byly určované body pomocí shodnostní transformace převedeny do S-JTSK za pomoci identických bodů zaměřených metodou GNSS-RTK. Střední souřadnicová chyba transformačního klíče pro jednotlivé lokality:

- Gymnázium Matyáše Lercha: $m_0=0,004$ m
- Hvězdárna a planetárium v Brně: $m_0=0,008$ m
- Kraví hora–Park: $m_0=0,008$ m
- Obilní trh: $m_0=0,009$ m

Výpočet nadmořských výšek určovaných bodů byl proveden v programu Microsoft Excel 2016. Výpočet proběhl aritmetickým průměrem dvou naměřených hodnot nadmořských výšek, získaných z vypočteného nivelačního zápisníku.

Výsledné souřadnice jsme naimportovali do programu Microstation PowerDraft V8i, pomocí zavedení funkce *Groma*. Zde proběhla kresba přehledných náčrtů měřických sítí a geodetických údajů k bodům měřických sítí, které jsou doloženy na CD ve složce Příloha č.4_Náčrty a v tištěné formě příloha 4.1 Přehledný náčrt měřické sítě a příloha 4.2 Geodetické údaje o PBPP.

Součástí bakalářské práce jsou přílohy v elektronické formě, některé důležité přílohy jsou přiloženy v tištěné formě.

13 Seznam použitých zdrojů

- [1] Wikipedie. *Veveří (část Brna)* [online]. Poslední změna 28.8.2017. [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Veve%C5%99%C3%AD_\(%C4%8D%C3%A1st_Brna\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Veve%C5%99%C3%AD_(%C4%8D%C3%A1st_Brna))
- [2] ČÚZK. *Geoprohlížeč* [online]. © 2018 [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [3] Mapy.cz [online] © 2018 [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=16.5925731&y=49.2031894&z=15>
- [4] BÁRTA, Ladislav a SOUKUP, František. *GE13 MODUL 01, Geodetické sítě: Příprava dat pro vyrovnání*. Brno, 2006. 116 s.
- [5] ŠTRONER, Martin. *Učební text: 5. Určování délek*. Katedra speciální geodézie, Fakulty stavební, Českého vysokého učení technického v Praze [online]. [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/SGE/pred_5_Mereni_delek.pdf
- [6] ČADA, Václav. *Přednáškové texty z Geodézie: Kapitola 3. Geodetické základy*. Katedra matematiky, Fakulty aplikovaných věd, Západočeské univerzity v Plzni [online]. [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch03.html>
- [7] SCHENK, Jan. *Učební text: Geodetické sítě – Bodová pole*. Institut geodézie a důlního měřictví, Hornicko–geologické fakulty, Vysoké školy báňské – Technické univerzity v Ostravě. Ostrava, 2004. [online]. [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <http://igdm.vsb.cz/igdm/materialy/geosite.pdf>
- [8] ČADA, Václav. *Přednáškové texty z Geodézie: Kapitola 3.2. Modernizace geodetických základů v ČR*. Katedra matematiky, Fakulty aplikovaných věd, Západočeské univerzity v Plzni [online]. [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html-old/ch03s02.html>
- [9] TRIMBLE. *Technický popis Trimble R4 – GNSS* [online]. [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-534007/022543-490F-CZE_TrimbleR4GNSS_DS_1014_LR.pdf

- [10] GISCAD. *Receptor GNSS Trimble R4 (Model 3). Aparatura topografica, statii totale, receptoare GNSS* [online]. © 2018 [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <https://www.giscad.ro/aparatura/iesite-din-productie/receptor-gnss-trimble-r4-model-3>
- [11] TRIMBLE. *Technický popis Trimble R8 – GNSS* [online]. [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: http://www.geotronics.sk/wp-content/uploads/2014/10/022543-079M-SKY_TrimbleR8GNSS_DS_0413_LR.pdf
- [12] GISCAD. *Trimble R8 GNSS. Aparatura topografica, statii totale, receptoare GNSS* [online]. © 2018 [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <https://www.giscad.ro/aparatura/iesite-din-productie/trimble-r8-gnss>
- [13] GEOTRONICS PRAHA. *Technický popis Totální stanice Trimble S5* [online]. [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022516-153A-CZE_TrimbleS5_DS_0515_LR_Geotronics.pdf
- [14] GEOTRONICS PRAHA. *Trimble S5* [online]. © 2016 [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <http://geotronics.cz/geodezie/totalni-stanice/trimble-s5/>
- [15] GEOTRONICS SLOVAKIA. *Technický popis digitálního nivelačního přístroje Trimble DiNi* [online]. © 2001-2017 [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: http://www.geotronics.sk/wp-content/uploads/2017/03/022543-327D-SKY_Trimble_DiNi2007_DS_A4_0817_LR_Geotronics.pdf
- [16] GEOTRONICS PRAHA. *Trimble DiNi* [online]. © 2016 [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <http://geotronics.cz/geodezie/nivelace/digitalni-nivelacni-pristroje/trimble-dini/>
- [17] NEVOSÁD, Zdeněk a VITÁSEK, Josef. *Geodézie III: Průvodce předmětem Geodézie III*. Brno, 2005. 176 s.
- [18] CZEPOS. Informace o službách a produktech. Popis sítě [online]. [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: http://czeapos.cuzk.cz/_servicesProducts.aspx
- [19] SITECH CZ. Sít' permanentních referenčních stanic Trimble VRS Now Czech [online]. © 2011 [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: http://www.sitech-czech.cz/cs/site/novinky-a-akce/novinky/VRS_Now_Czech.htm

- [20] GEOTRONICS Praha. *O síti VRS Now* [online]. © 2016 [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <http://geotronics.cz/produkty/gnss-korekce/o-siti/>
- [21] VITÁSEK, Josef a NEVOSÁD, Zdeněk. *Geodézie I: Průvodce předmětem Geodézie I*. Brno, 2004. 49 s.
- [22] ČADA, Václav. *Přednáškové texty z Geodézie: kapitola 11.5. Metody nivelace*. Katedra matematiky, Fakulty aplikovaných věd, Západočeské univerzity v Plzni [online]. [cit. 17.5.2018]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch11s05.html>

14 Seznam použitých zkratek a symbolů

<i>k.ú.</i>	Katastrální území
<i>VUT</i>	Vysoké učení technické
<i>GPZ</i>	Geodetické polohové základy
<i>NULRAD</i>	Geodetická síť nultého řádu v ČR
<i>DOPNUL</i>	Geodetická síť zhušťující nadřazenou síť NULRAD
<i>AGS</i>	Astronomicko-geodetická síť ČR
<i>ČSTS</i>	Československá trigonometrická síť
<i>JTS</i>	Jednotná trigonometrická síť
<i>S-JTSK</i>	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
<i>Bpv</i>	Výškový systém baltský - po vyrovnání
<i>ETRS-89</i>	Evropský terestrický referenční systém 89
<i>ČSFR</i>	Česká a Slovenská Federativní Republika
<i>GPS</i>	Globální polohový systém
<i>EUREF</i>	Evropský referenční rámec
<i>ZGS</i>	Základní geodynamická síť
<i>ČSNS</i>	Česká státní nivelační síť
<i>ZNB</i>	Základní nivelační body
<i>ČÚZK</i>	Český úřad zeměměřický a katastrální
<i>GML</i>	Gymnázium Matyáše Lercha
<i>PNS</i>	Plošná nivelační síť
<i>č.p.</i>	Číslo popisné
<i>GNSS</i>	Globální družicový polohový systém
<i>ppm</i>	Parts per million, jedna miliontina celku
<i>USB</i>	Universal Serial Bus, univerzální sériová sběrnice
<i>RTK</i>	Real time kinematics, kinematické určování polohy v reálném čase
<i>FN</i>	Fakultní nemocnice
<i>VRS</i>	Virtuální referenční stanice
<i>CZEPOS</i>	Síť permanentních stanic GNSS České republiky
<i>ČR</i>	Česká Republika
<i>TN</i>	Technická nivelace
<i>PN</i>	Přesná nivelace

15 Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Použité body výškového bodového pole</i>	25
<i>Tabulka 2: Přehled stabilizace bodů měřických sítí</i>	27
<i>Tabulka 3: Parametry GNSS přijímače Trimble R4-3 [9]</i>	28
<i>Tabulka 4: Parametry GNSS přijímače Trimble R8-2 [11]</i>	29
<i>Tabulka 5: Parametry Totální stanice Trimble S5 [13]</i>	30
<i>Tabulka 6: Parametry nivelačního přístroje Trimble DiNi [15]</i>	31
<i>Tabulka 7: Porovnání dosažené přesnosti nivelačních bodů</i>	38
<i>Tabulka 8: Výpočet nadmořských výšek bodů měřické sítě</i>	47
<i>Tabulka 9: Výpočet nadmořských výšek bodů měřické sítě</i>	48

16 Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 Poloha katastrálního území Veverí [2]</i>	11
<i>Obrázek 2 Rozmístění lokalit v katastrálním území Veverí [2]</i>	11
<i>Obrázek 3 Území určené pro výuku v terénu u budovy GML [3]</i>	12
<i>Obrázek 4 Území určené pro výuku v terénu na Kraví hoře [3]</i>	12
<i>Obrázek 5 Území určené pro výuku v terénu na Obilním trhu [3]</i>	13
<i>Obrázek 6 Redukce měřené délky do nulového horizontu [5]</i>	16
<i>Obrázek 7 Převod do kartografického zobrazení [5]</i>	16
<i>Obrázek 8 Jednotná trigonometrická síť katastrální I. řádu [8]</i>	19
<i>Obrázek 9 Československá Astronomicko-geodetická síť [8]</i>	20
<i>Obrázek 10 Pohled na lokalitu u budovy GML</i>	22
<i>Obrázek 11 Pohled na lokalitu Hvězdárna a planetárium Brno</i>	23
<i>Obrázek 12 Pohled na lokalitu Park – Kraví hora</i>	23
<i>Obrázek 13 Pohled na lokalitu Obilní trh</i>	24
<i>Obrázek 14 GNSS přijímač Trimble R4-3 [10]</i>	28
<i>Obrázek 15 GNSS přijímač Trimble R8-2 [12]</i>	29
<i>Obrázek 16 Totální stanice Trimble S5 [14]</i>	30
<i>Obrázek 17 Nivelační přístroj Trimble DiNi [16]</i>	31
<i>Obrázek 18 Ukázka GNSS měření na bodě č. 9201</i>	32
<i>Obrázek 19 CZEPOS rozmístění permanentních stanic [18]</i>	34
<i>Obrázek 20 Trimble VRS Now Czech rozmístění referenčních stanic [20]</i>	35
<i>Obrázek 21 Ukázka měření totální stanicí Trimble S5</i>	36
<i>Obrázek 22 Ukázka měření přístrojem Trimble DiNi 0.3</i>	37
<i>Obrázek 23 Ukázka zápisníku kontroly nivelačního přístroje Trimble DiNi 0.3</i>	37
<i>Obrázek 24 Ukázka signalizace bodu při vyhotovení měřického náčrtu</i>	40
<i>Obrázek 25 Ukázka protokolu GNSS-RTK měření bodů měřických sítí</i>	42
<i>Obrázek 26 Ukázka nastavení měřítkového koeficientu v programu Groma v.11</i>	43
<i>Obrázek 27 Ukázka zpracování zápisníku měření v programu Groma v.11</i>	43
<i>Obrázek 28 Ukázka výpočtu souřadnic bodů polární metodou v programu Groma v.11</i>	44
<i>Obrázek 29 Ukázka transformace souřadnic bodů v programu Groma v.11</i>	45
<i>Obrázek 30 Ukázka vypočteného nivelačního zápisníku</i>	46
<i>Obrázek 31 Ukázka z prostředí MicroStation PowerDraft V8i</i>	49

17 Seznam příloh

Příloha č.1 _Zápisníky

- 1.1.1 _GNSS_1.měření.txt (*digitální forma*)
- 1.1.2 _GNSS_2.měření.txt (*digitální forma*)
- 1.1.3 _GNSS_3.měření.txt (*digitální forma*)
- 1.1.4 _GNSS_pomocné body.txt (*digitální forma*)
- 1.2 _Zápisník měření.asc (*digitální forma*)
- 1.3.1 _Kontrola nivelačního přístroje DiNi.DAT (*digitální forma*)
- 1.3.2 _Nivelace_1.měření.DAT (*digitální forma*)
- 1.3.3 _Nivelace_2.měření.DAT (*digitální forma*)

Příloha č.2 _Protokoly

- 2.1 _Zpracování zápisníku.txt (*digitální forma*)
- 2.2 _Polární metoda.txt (*digitální forma*)
- 2.3 _Transformace souřadnic.txt (*digitální forma*)

Příloha č.3 _Výpočet souřadnic z GNSS

- 3.1 _Průměr GNSS.pdf (*digitální forma*)
- 3.2 _Souřadnice GNSS.pdf (*digitální forma*)

Příloha č.4 _Náčrty

- 4.1 _Přehledný náčrt měřické sítě.pdf (*digitální i tištěná forma*)
- 4.2 _Geodetické údaje o bodech.pdf (*digitální i tištěná forma*)

Příloha č.5 _Seznam souřadnic

- 5.1 _Seznam souřadnic bodů.pdf (*digitální i tištěná forma*)

Příloha č.6 _Porovnání souřadnic

- 6.1 _Porovnání YX.pdf (*digitální i tištěná forma*)
- 6.2 _Porovnání H.pdf (*digitální i tištěná forma*)